

Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento

Josiane Fonseca Lage⁽¹⁾, Pedro Veiga Rodrigues Paulino⁽²⁾, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira⁽³⁾,
Sebastião de Campos Valadares Filho⁽²⁾, André Soares de Oliveira⁽⁴⁾, Edenio Detmann⁽²⁾,
Natália Krish de Paiva Souza⁽²⁾ e Jéssika Carolina Moutinho Lima⁽²⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. Departamento de Zootecnia, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/nº, CEP 14884-900 Jaboticabal, SP. E-mail: josilage@gmail.com ⁽²⁾Universidade Federal de Viçosa, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Av. P.H. Rolfs, s/nº, Campus Universitário, CEP 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: pveiga@ufv.br, scvfilho@ufv.br, detmann@ufv.br, nataliapaiva07@gmail.com, jessika_moutinho2@hotmail.com ⁽³⁾Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, nº 610, Dom Bosco, CEP 36038-330 Juiz de Fora, MG. E-mail: luiz.gustavo@cnppl.embrapa.br ⁽⁴⁾Universidade Federal do Mato Grosso, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Avenida Alexandre Ferronato, nº 1.200, Setor Industrial, Campus Universitário de Sinop, CEP 78550-000 Sinop, MT. E-mail: andresoli@uol.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de níveis de inclusão de glicerina bruta (GB), contendo 36,20% de glicerol, na dieta de cordeiros em terminação, sobre o consumo, digestibilidade dos componentes da dieta e desempenho produtivo e econômico. Utilizaram-se 35 cordeiros machos não castrados da raça Santa Inês, com peso médio inicial de 20±2,27 kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições. Os tratamentos consistiram de níveis de inclusão da GB na dieta (0, 3, 6, 9 e 12% da matéria seca), em substituição ao milho. Após 10 dias de adaptação, cinco animais foram abatidos para se obter o rendimento de carcaça inicial. Após o período de adaptação, os 30 animais restantes foram alojados em baias individuais. Quando o grupo atingiu o peso médio de 35 kg, os animais foram abatidos. Houve efeito linear decrescente dos níveis de GB sobre o consumo de MS e ganho médio diário de peso, e efeito quadrático sobre o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas. Houve efeito quadrático também sobre o peso corporal final dos animais e conversão alimentar (CA). A GB contendo 36,20% de glicerol pode ser incluída na dieta de cordeiros em terminação em até 6% da MS da dieta, com otimização da CA e aumento dos benefícios econômicos.

Termos para indexação: biodiesel, coprodutos, desempenho, glicerol, ovinos, ruminantes.

Crude glycerin on finishing lamb diets

Abstract – The objective of this work was to evaluate the effects of crude glycerin (CG) inclusion, with 36.20% of glycerol, on finishing lamb diets on intake, nutrients digestibility, and productive and economical performance. Thirty-five intact male lambs (Santa Inês), with 20±2.27 kg of initial average body weight were randomly assigned to five treatments, with six replicates. The treatments consisted of increasing crude glycerin levels on the diet: 0, 3, 6, 9 and 12% of diet dry matter. After ten days of adaptation, five animals were slaughtered to determine initial carcass dressing. After the adaptation period, 30 animals were housed in individual pens. When the group reached average body weight of 35 kg, animals were slaughtered. The CG levels had a negative linear effect on dry matter intake and average daily weight gain, and a quadratic effect on neutral fiber detergent digestibility corrected for ash and protein. Crude glycerin levels had also a quadratic effect on body weight at slaughter and feed-to-gain ratio (FGR). Crude glycerin with 36.20% of glycerol can be included in the diet of finishing lambs up to 6% of dry matter, optimizing the FGR and promoting economic benefits.

Index terms: biodiesel, co-products, performance, glycerol, sheep, ruminants.

Introdução

A terminação de cordeiros em confinamento é uma prática que tem despertado o interesse de produtores, por possibilitar a redução das perdas de animais jovens decorrente de deficiências nutricionais e infestações parasitárias. Além disso, essa prática permite a regularidade de oferta da carne durante o ano e retorno mais rápido do capital investido devido à redução da idade de abate dos animais (Medeiros et al., 2009).

O custo de produção de animais confinados ainda é considerado alto. Dessa forma, é grande o interesse pelo uso de alimentos alternativos que possam substituir parte do concentrado fornecido, para reduzir o custo de produção sem prejudicar o consumo e o desempenho dos animais.

Entre os principais coprodutos agroindustriais com potencial de uso na alimentação de ruminantes, atualmente, destacam-se aqueles oriundos da produção de biodiesel. A obrigatoriedade da inclusão do biodiesel

ao diesel de petróleo motivará, concomitantemente, a geração de coprodutos que necessitam de destinos ecologicamente corretos e economicamente viáveis. Na produção do biodiesel, ocorre o processo de conversão de triglicerídeos a ácidos graxos esterificados, que tem a glicerina bruta como coproduto. A glicerina purificada apresenta teores acima de 99,5% de glicerol, e é amplamente utilizada na indústria farmacêutica e alimentícia. Entretanto, o volume excedente de glicerina bruta a ser gerado com a produção de biodiesel possivelmente acarretará redução nos preços, sendo necessária a busca por novas formas de utilização desse coproduto (Gonçalves et al., 2006).

O glicerol é absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese pela ação da enzima glicerol quinase, que o converte em glicose. Parte do glicerol pode ser fermentada a propionato, no rúmen, que por sua vez é metabolizado a oxaloacetato, por meio do ciclo de Krebs, no fígado, e pode ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica. Assim, a glicerina bruta apresenta potencial de aplicação como substrato gliconeogênico para ruminantes (Krehbiel, 2008).

Com a perspectiva de redução nos preços, a glicerina bruta tem surgido como opção para utilização como macroingrediente na dieta de cordeiros em terminação, em substituição a concentrados energéticos (Kerr et al., 2007). Todavia, como a glicerina obtida do processo de transesterificação do óleo apresenta-se na forma bruta, com impurezas – metais pesados, excesso de lipídeos e metanol–, os impactos no consumo, na digestibilidade dos componentes da dieta e no desempenho animal podem ser diferentes dos obtidos com a glicerina purificada, de custo mais elevado.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de glicerina bruta oriunda da agroindústria do biodiesel sobre o consumo, a digestibilidade dos componentes da dieta e o desempenho produtivo e econômico de cordeiros alimentados na fase de terminação em confinamento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, durante os meses de maio a julho de 2008.

Utilizaram-se 35 cordeiros recém-desmamados, machos não castrados da raça Santa Inês, desmamados aos 90 dias de idade, com peso médio inicial de 20±2 kg. Os animais foram alojados em baias individuais não suspensas, com 1,5 m² cada, providas de comedouro e bebedouro, dispostas em área coberta. A cama utilizada nas baias, para retenção de fezes e urina, foi composta de maravalha e trocada a cada 15 dias. Os animais foram submetidos a um período de adaptação de dez dias às dietas e instalações. Decorrido o período de adaptação, cinco animais foram abatidos para se obter o rendimento de carcaça inicial. Após o abate, foram estimados peso de carcaça inicial, de forma a obter o ganho de carcaça diário (GC), e ganho de carcaça em relação ao ganho médio diário de peso (GC/GMD).

A cada animal restante, destinou-se, casualmente, um dos cinco tratamentos: 0, 3, 6, 9 e 12% de inclusão de glicerina bruta na matéria seca (MS) da dieta em substituição ao milho, com seis repetições por tratamento. As dietas completas ofertadas aos animais possuíam, em termos de MS, 30% de silagem de milho e 70% de concentrado, o qual continha milho moído, farelo de soja, mistura de ureia e sulfato de amônio e suplemento mineral (Tabela 1). As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, com 18%

Tabela 1. Proporção de ingredientes e composição química das dietas contendo níveis crescentes de glicerina bruta.

Composição	Nível de glicerina bruta (% MS)				
	0	3	6	9	12
Ingrediente (% MS)					
Silagem de milho	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Milho moído fino	43,70	40,60	37,50	34,40	31,3
Farelo de soja	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50
Glicerina bruta	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00
Uréia + sulfato de amônio	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
Suplemento mineral ⁽¹⁾	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
Química (% MS)					
Matéria seca	70,85	71,12	71,39	71,65	71,92
Matéria orgânica	96,20	96,17	96,15	96,13	96,10
Proteína bruta	18,76	18,81	18,87	18,92	18,97
FDN corrigida para cinzas e proteína	21,50	21,12	20,74	20,35	19,97
Extrato etéreo	3,04	4,35	5,65	6,95	8,25
Carboidratos não fibrosos	53,73	52,88	52,05	51,23	50,40
Matéria mineral	3,59	3,61	3,64	3,66	3,69
Energia metabolizável (Mcal kg ⁻¹) ⁽²⁾	2,85	2,74	2,86	2,90	2,94

⁽¹⁾Composição (kg produto): Ca, 110 g; P, 65 g; Na, 185 g; Cl, 300 g; Mg, 20 g; S, 20 g; Mn, 4.660 mg; Zn, 4.750 mg; Co, 120 mg; I, 72 mg; Se, 35 mg; Cu, ausente. ⁽²⁾Estimada de acordo com National Research Council (2000), em que energia metabolizável é igual a energia digestível x 0,82. FDN, fibra em detergente neutro.

de proteína bruta, de forma a atender às exigências nutricionais de um cordeiro com 10 a 30 kg de peso corporal, com crescimento moderado (National Research Council, 2007). A mistura de ureia e sulfato de amônio foi utilizada para ajustar o teor de proteína bruta das dietas. As características físico-químicas da glicerina bruta utilizada foram: 36,20% de glicerol, 8,66% de metanol, 46,48% de ácidos graxos, 6,20% de água, 0,41% de proteína bruta e 2,05% de matéria mineral.

Os animais foram pesados ao início do experimento, após jejum alimentar de 16 horas, e vermifugados. As pesagens intermediárias foram realizadas em intervalos de 14 dias, antes da primeira refeição, reduzindo-se para sete dias, à medida que o peso dos animais se aproximava do peso de abate preestabelecido de 35 kg. Quando a média de peso dos animais atingiu aproximadamente 35 kg de peso corporal, com idade aproximada de cinco meses, os cordeiros foram abatidos por meio de concussão cerebral e posterior veniseção da carótida e jugular. Após a retirada do couro, os animais foram eviscerados e o trato gastrointestinal foi lavado para avaliação do peso de corpo vazio (PCVZ). Posteriormente, foram avaliados o peso de corpo vazio em relação ao peso corporal (PCVZ/PC) e o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). A conversão alimentar (CA) foi calculada pela relação entre o consumo de matéria seca e o ganho de peso dos animais.

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8 e às 16 horas. Após o período de adaptação, foram feitas, diariamente, pesagens e amostragens das dietas fornecidas e das sobras de cada animal, para quantificação do consumo, tendo sido realizadas amostras compostas semanalmente e por períodos de 14 dias. As amostras de alimentos e sobras foram secadas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de faca (1 mm), para avaliação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE). As análises laboratoriais foram realizadas de acordo com as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002), com exceção das avaliações de fibra em detergente neutro (FDN) e as correções referentes aos teores de cinza e proteína, que foram realizadas de acordo com Mertens (2002). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram quantificados de acordo com a equação proposta por Hall (2000).

Os teores de PB, cinzas e água da glicerina bruta foram obtidos pelos mesmos procedimentos realizados na análise dos alimentos. Os teores de glicerol, ácidos graxos totais e metanol foram obtidos por cromatografia gasosa em cromatógrafo a gás com detector FID CG 17A, (Shimadzu, Kyoto, Japão). A identificação dos compostos foi realizada por meio do tempo de retenção do padrão correspondente.

Um ensaio de digestibilidade foi realizado na quarta semana após o início do experimento. A fibra insolúvel em detergente ácido (FDAi) foi utilizada para estimar a excreção fecal dos animais. Amostras de alimentos e fezes foram incubadas no rúmen de dois novilhos mestiços, de acordo com Casali et al. (2008). O material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente ácido para quantificação dos teores de FDA não digestível. A excreção de MS fecal foi estimada por meio da relação entre a quantidade fornecida do indicador e a concentração desse elemento encontrada nas fezes.

A análise econômica foi realizada em relação ao ganho de carcaça diário, a fim de se verificar a viabilidade do uso das rações com cinco níveis de glicerina bruta na dieta, sem considerar os demais custos fixos e operacionais relativos à produção ovina, já que eles seriam os mesmos nas cinco situações.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. O peso corporal inicial foi utilizado como covariável, e contrastes ortogonais foram utilizados para avaliar os efeitos de ordem linear e quadrático dos níveis de glicerina bruta. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados por intermédio do SAS 9.1 (SAS Institute, 2006), a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O consumo de matéria seca, expresso em grama por dia e grama por quilograma de peso corporal, decresceu linearmente com aumento nos teores de glicerina bruta (GB) na dieta (Tabela 2). Segundo o National Research Council (2007), o consumo de MS de cordeiros em terminação deve estar próximo a 1,0 kg por dia. Os animais que receberam a dieta controle ou com menor inclusão de glicerina bruta (3%) tiveram consumo próximo ao recomendado. A inclusão de GB na dieta, em função do decréscimo na ingestão de MS, resultou também em decréscimo

linear no consumo de matéria orgânica (MO, em grama por dia e grama por quilograma de peso corporal), carboidratos não fibrosos (CNF), proteína bruta (PB, em grama por dia), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp, em grama por dia e grama por quilograma peso corporal) e nutrientes digestíveis totais (NDT, em grama por dia) (Tabela 2). A substituição do milho pela GB também teve influência na diminuição da ingestão de CNF.

O consumo de PB variou de 121,97 a 221,81 g dia⁻¹, com menor consumo observado nos animais que receberam a dieta com o maior nível de inclusão de GB (Tabela 2). Segundo o National Research Council (2007), cordeiros com crescimento moderado (250 g dia⁻¹) e peso corporal acima de 20 kg necessitam de um consumo de 167 g por dia de PB. Animais que receberam níveis de GB entre 9 e 12% na MS da dieta apresentaram consumo de PB abaixo do recomendado, o que pode ser explicado pela menor ingestão de MS observada nesses animais, uma vez que as dietas foram isonitrogenadas. O consumo de NDT esteve dentro do recomendado nos tratamentos com 0 e 3% de inclusão de glicerina bruta.

O National Research Council (2007) recomenda um consumo de 0,8 kg por dia de NDT para cordeiros em terminação. O consumo de NDT diminuiu linearmente com o aumento dos níveis de GB na dieta. Contrariamente, observou-se efeito quadrático sobre o consumo de extrato etéreo (EE) e, com a inclusão de 10,81% de GB na dieta, foi estimado o consumo máximo de 57,62 g por dia. O consumo elevado de extrato etéreo se justifica pelo alto teor de ácidos

graxos (46,48%) presentes na glicerina bruta. Estudos com inclusão de GB na dieta de animais de produção (Kerr et al., 2007; Schröder & Südekum, 2007) trazem relatos sobre teores de ácidos graxos na GB inferiores aos encontrados neste trabalho (<1,0%). Concentrações elevadas de ácidos graxos na glicerina podem ser explicadas por falhas no processo de separação entre biodiesel e glicerol, fato observado principalmente em agroindústrias de biodiesel de pequeno porte.

O teor de metanol encontrado na GB utilizada também foi elevado (8,66%) em relação aos relatados nos trabalhos de Kerr et al. (2007) e Schröder & Südekum (2007) (<1,0%). Entretanto, o alto risco à saúde associado ao consumo do metanol, decorrente da inclusão de GB na dieta, não é esperado em animais ruminantes, pois o metanol é naturalmente produzido no rúmen como resultado da fermentação da pectina, conforme Pol & Demeyer (1988). Estes autores trabalharam com infusão contínua de solução de metanol (1 mol L⁻¹) a uma taxa de 19 mL h⁻¹ no rúmen de ovinos e observaram que o metanol foi convertido em metano no rúmen dos animais.

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB não foram afetados pela inclusão de GB na dieta, e apresentaram as médias: 73,92, 76,12 e 77,26%, respectivamente (Tabela 3). Entretanto, observou-se efeito quadrático dos níveis de GB na dieta sobre a digestibilidade da FDNcp, com a obtenção de uma digestibilidade mínima de 38,44%, na inclusão de 7,30% de GB na dieta.

O maior teor de lipídeos presente na dieta dos animais que ingeriram os níveis mais elevados de GB (Tabela 1) pode ter contribuído para a redução

Tabela 2. Consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp), extrato etéreo (CEE), carboidratos não fibrosos (CCNF) e nutrientes digestíveis totais (CNDT) em cordeiros alimentados com glicerina bruta na dieta.

Variável	Nível de glicerina bruta (%MS)					CV (%)	Equação	R ²
	0	3	6	9	12			
CMS (g dia ⁻¹)	1.120,71	1.115,54	898,84	942,07	782,76	8,9	$\hat{Y} = 1148,52 - 29,6808GB^*$	0,8421
CMS (g kg ⁻¹)	41,52	40,24	33,69	35,50	30,73	7,3	$\hat{Y} = 41,40 - 0,8490GB^*$	0,8439
CMO (g dia ⁻¹)	1.084,63	1.079,44	867,69	912,27	759,94	9,0	$\hat{Y} = 1110,55 - 28,5501GB^*$	0,8373
CMO (g kg ⁻¹)	40,19	38,94	32,52	34,38	29,84	7,3	$\hat{Y} = 40,03 - 0,8149GB^*$	0,8367
CPB (g dia ⁻¹)	221,81	213,76	170,01	158,89	121,97	8,3	$\hat{Y} = 229,27 - 8,7071GB^*$	0,9553
CFDNcp (g dia ⁻¹)	248,76	239,81	179,00	202,81	163,16	12,7	$\hat{Y} = 249,10 - 7,1300GB^*$	0,7703
CFDNcp (g kg ⁻¹)	9,20	8,66	6,70	7,66	6,42	10,9	$\hat{Y} = 8,97 - 0,2086GB^*$	0,7299
CEE (g dia ⁻¹)	35,02	48,48	49,58	60,68	57,11	11,6	$\hat{Y} = 36,27 + 3,9623GB - 0,18384GB^{2*}$	0,9129
CCNF (g dia ⁻¹)	579,95	578,46	470,36	491,33	419,33	8,4	$\hat{Y} = 593,74 - 14,4595GB^*$	0,8375
CNDT (g dia ⁻¹)	882,80	835,88	711,23	757,15	637,84	8,4	$\hat{Y} = 886,62 - 20,3011GB^*$	0,8424

*Significativo a 5% de probabilidade.

do consumo de MS. Os ruminantes são relativamente intolerantes a altos níveis de gordura, e o consumo de alimento usualmente diminui quando os níveis de gordura excedem 6% na dieta (Palmquist & Jenkins, 1980). Observou-se que o teor de EE na dieta dos animais variou entre 6,95 e 8,25%, a partir da inclusão de 6% de GB na dieta (Tabela 1). Teores de EE acima de 6% podem prejudicar o consumo pela diminuição da digestibilidade da FDNcp. A redução observada na digestibilidade da FDNcp pode ser decorrente da inibição do crescimento de bactérias, especialmente as celulolíticas, e de protozoários (Tamminga & Doreau, 1991), e do recobrimento físico da fibra por lipídeos, que dificulta a ação dos microrganismos (Jenkins & McGuire, 2006).

Outro fator que pode ter influenciado negativamente a digestibilidade da FDNcp foi o aumento da concentração de glicerol nas dietas. Paggi et al. (2004), com base em estudos *in vitro*, relataram que a atividade celulolítica diminuiu em função do aumento de concentrações de glicerol no rúmen. Resultados de estudos conduzidos com culturas *in vitro* podem ser questionáveis, pois não há quantificação das interações que ocorrem no ambiente ruminal e da variabilidade de substratos da dieta. Entretanto, Schröder & Südekum (2007) relataram resultados semelhantes aos apresentados neste trabalho. Em dietas contendo concentrado com alto teor de amido e diferentes níveis de inclusão de GB (0, 10, 15 ou 20%), houve menor digestibilidade dos componentes da parede celular, sem diminuir a digestibilidade da MO. Neste trabalho, apesar de ter sido observada menor digestibilidade da FDNcp, a limitação do consumo observado em animais que receberam os maiores níveis de GB na dieta não deve ser atribuída unicamente a este fator.

A ingestão de MS depende do tamanho e frequência da refeição, que são determinadas pelo animal e fatores intrínsecos à dieta que afetam o apetite e a saciedade. A distensão do rúmen-retículo e os efeitos metabólicos de lipídeos são fatores de saciedade em ruminantes (Allen, 2000). Os lipídeos são um potente estimulador da colecistoquinina (Liddle et al., 1985) e uma das hipóteses é que a colecistoquinina suprime o consumo de alimentos pela inibição do esvaziamento gástrico (Moran & McHugh, 1982). Quando as dietas são ricas em lipídeos, há aumento de colecistoquinina no plasma (Choi & Palmquist, 1996), e a redução na taxa de passagem da digesta aumenta a distensão do retículo-rúmen e promove estimulação de receptores desse hormônio nesses compartimentos do trato gastrintestinal (Allen, 2000). Esses receptores enviam informações via sistema nervoso central para o cérebro, o que provoca a redução do apetite e, conseqüentemente, a ingestão de MS pelos animais. Portanto, neste trabalho, as dietas com 9 e 12% de inclusão de GB na MS apresentaram teores de EE acima de 6%, o que pode ter contribuído para o aumento da secreção de colecistoquinina no plasma, e reduzido o consumo de MS.

A produção de propionato via metabolismo do glicerol presente na dieta é um fator que também pode ter contribuído para a diminuição linear no consumo de MS. A diminuição no consumo de alimentos pela infusão de propionato no organismo de animais tem sido relatada na literatura (Baile, 1971; Anil & Forbes 1980; Allen, 2000). Entre os produtos metabolizados no fígado dos ruminantes, o propionato é provavelmente o primeiro a sinalizar o término das refeições devido ao aumento de seu fluxo para o fígado (Benson et al., 2002).

Tabela 3. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CDFDNcp), extrato etéreo (CDEE), carboidratos não fibrosos (CDCNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em cordeiros alimentados com glicerina bruta na dieta.

Variável	Nível de glicerina bruta (% MS)					CV (%)	Equação	R ²
	0	3	6	9	12			
CDMS (%)	75,29	70,37	74,24	75,43	74,26	5,0	ns	
CDMO (%)	77,69	72,92	76,06	77,36	76,59	4,8	ns	
CDPB (%)	77,10	75,57	78,37	79,31	75,94	5,5	ns	
CDFDNcp (%)	56,90	37,61	40,13	43,13	42,82	20,3	$\hat{Y} = 54,60 - 4,4277GB + 0,30336GB^2*$	0,7016
CDEE (%)	82,62	79,62	78,24	72,67	72,90	10,7	$\hat{Y} = 82,38 - 0,8655GB*$	0,9208
CDCNF (%)	86,95	86,27	88,86	90,72	91,49	2,4	$\hat{Y} = 86,24 + 0,4439GB*$	0,8809
NDT	78,95	75,87	79,22	80,40	81,30	-	-	-

*Significativo a 5% de probabilidade. ns, não significativo.

O fígado de ruminantes tem alta atividade de propionil CoA sintetase (Ricks & Cook, 1981), necessária para ativação e subsequente metabolismo do propionato. Como resultado, o propionato é extensivamente metabolizado pelo fígado de ruminantes durante as refeições, o que aumenta a produção de ATP, em razão de sua utilização para produção de glicose, e sinaliza a saciedade (Reynolds, 1995). Com o possível incremento de propionato no rúmen a partir do glicerol, houve maior aporte deste no fígado, o que pode ter contribuído para a saciedade e, conseqüentemente, para a menor ingestão de MS pelos animais. Provavelmente, o aumento na produção de propionato, a presença de lipídeos na dieta e a redução na digestibilidade da FDNcp contribuíram, em conjunto, para a redução no consumo de MS pelos animais.

O aumento na concentração de glicerina e a redução na percentagem de milho moído na dieta dos animais conferiram aumento linear na digestibilidade dos CNF, o que pode estar relacionado ao tipo de CNF presente na glicerina: o glicerol, que é absorvido no epitélio ruminal ou fermentado a propionato no rúmen (Krehbiel, 2008). Houve efeito linear negativo dos níveis de GB sobre a digestibilidade do EE (Tabela 3). O excesso de EE nas dietas e a provável baixa digestibilidade dos ácidos graxos residuais presentes na glicerina podem ter contribuído para a menor digestibilidade do EE.

Houve efeito quadrático dos níveis de GB na dieta sobre o peso corporal final (PCF), e a inclusão de 1,7% de GB na dieta proporcionou o PCF máximo estimado de 34,5 kg (Tabela 4). O consumo de MS é um importante

fator que influencia o desempenho de cordeiros em confinamento, sendo considerado o ponto determinante de aporte de nutrientes necessários para o atendimento das exigências de manutenção e de ganho de peso dos animais (Sniffen et al., 1993). O menor desempenho dos animais submetidos às dietas com alta inclusão de GB ocorreu devido ao menor consumo voluntário de MS. Como a ingestão de MS foi afetada pela inclusão de GB na dieta, houve também o comprometimento do consumo de PB e NDT (Tabela 2). Observou-se, inclusive, que nos maiores níveis de inclusão da GB, as exigências não foram atendidas.

Portanto, animais que receberam maiores níveis de GB na dieta apresentaram um desempenho inferior, o que resultou em menor PCF ao abate. Houve efeito quadrático dos níveis de GB sobre o PCVZ dos animais, estimado, para a inclusão de 0,86% de GB na dieta, o valor máximo de 29,89 kg. Houve efeito linear decrescente dos níveis de GB sobre PCVZ/PC. O PCVZ está relacionado com o desenvolvimento do animal e, conforme mencionado, animais que receberam maiores níveis de GB na dieta apresentaram menor PCF. Houve efeito linear negativo dos níveis de GB na dieta sobre o GPCVZ, GC e o GC/GMD. Animais alimentados com maiores níveis de GB na dieta não tiveram suas exigências de crescimento atendidas, segundo normas do National Research Council (2007). Esses animais obtiveram menor disponibilidade de nutrientes para ser transformado em tecido desejável (carcaça), o que explica a redução no GPCVZ, GC e GC/GMD com o aumento dos níveis de glicerina na dieta.

Tabela 4. Peso corporal final (PCF), peso de corpo vazio (PCVZ), peso de corpo vazio em relação ao peso corporal final (PCVZ/PC), ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), ganho médio diário de peso (GMD), ganho de carcaça diário (GC), ganho de carcaça em relação ao ganho médio diário de peso (GC/GMD), conversão alimentar (kg MS kg⁻¹ ganho) e conversão alimentar em relação ao ganho de carcaça (CA/GC, kg MS kg⁻¹ ganho de carcaça) em cordeiros alimentados com glicerina bruta.

Variável	Nível de glicerina bruta (% MS)					CV (%)	Equação	R ²
	0	3	6	9	12			
PCF (kg)	33,70	34,97	32,92	32,40	29,50	5,8	$\hat{Y} = 34,34 + 0,1764GB - 0,05064GB^{2*}$	0,9310
PCVZ (kg)	29,25	30,40	27,98	27,79	24,97	6,1	$\hat{Y} = 29,86 + 0,0728GB - 0,04191GB^{2*}$	0,8991
PCVZ/PC (%)	86,82	86,92	85,07	85,67	84,47	2,1	$\hat{Y} = 86,97 - 0,2000GB^*$	0,7673
GPCVZ (kg)	0,257	0,287	0,235	0,241	0,180	17,4	$\hat{Y} = 0,285 - 0,0076GB^*$	0,6516
GMD (kg)	0,268	0,300	0,255	0,257	0,193	18,3	$\hat{Y} = 0,293 - 0,0065GB^*$	0,6112
GC (kg)	0,141	0,159	0,127	0,123	0,093	16,9	$\hat{Y} = 0,150 - 0,0047GB^*$	0,7317
GC/GMD (%)	52,97	52,77	49,73	50,49	48,12	8,3	$\hat{Y} = 53,81 - 0,5097GB^*$	0,8455
CA	4,24	3,72	3,51	3,70	4,19	18,6	$\hat{Y} = 4,27 - 0,2426GB + 0,01951GB^{2*}$	0,9988
CA/GC	8,01	7,07	7,08	7,36	8,79	19,9	$\hat{Y} = 7,97 - 0,4085GB + 0,03965GB^{2*}$	0,9834

*Significativo a 5% de probabilidade.

Houve efeito quadrático dos níveis de GB na dieta sobre a conversão alimentar (CA/GMD e CA/GC). Para os níveis de 6,2% e 5,2% de inclusão da GB na dieta, a conversão mínima foi de 3,5 e 6,9, respectivamente (Tabela 4). Na análise da CA/GMD de animais alimentados com 6% de GB na dieta, verificou-se melhoria na conversão de até 17%, em relação ao tratamento sem adição de GB. Embora neste trabalho não tenham sido avaliados a produção de ácidos graxos voláteis e o teor de glicose no sangue dos animais, pode-se inferir que a melhoria na conversão alimentar ocorreu em razão de uma melhoria no status metabólico dos animais, proporcionada pelo maior aporte energético a partir da glicose, pelo incremento de propionato, a partir da redução na relação acetato:propionato no rúmen (Krehbiel, 2008).

A GB com aproximadamente 80% de glicerol, quando incluída em dietas com presença de grãos, causa efeito quadrático na eficiência alimentar (EA). Pyatt et al. (2007) relataram que, quando 10% do milho presente na dieta de bovinos foi substituído pela GB (80% de glicerol), observou-se uma melhoria de 11% na EA. Comportamento similar foi encontrado neste trabalho, quando se analisou a CA/GMD e CA/GC com o uso de GB com 36,20% de glicerol.

Schröder & Südekum (2007) indicaram que glicerina com diferentes graus de pureza pode ser incluída em até 10% da matéria seca da dieta de ruminantes, sem afetar negativamente o consumo de alimentos e a digestibilidade dos componentes da dieta. Entretanto, os resultados deste trabalho não corroboram essa indicação, possivelmente em razão da GB utilizada ter sido muito diferente da utilizada naquele trabalho, principalmente quanto ao teor de ácidos graxos e glicerol.

Com relação aos resultados da análise econômica, o custo do ganho de carcaça variou entre R\$ 4,29 e 4,98, com o menor custo atribuído ao tratamento em que os animais receberam inclusão de 6% de GB na MS da dieta (Tabela 5). Esse resultado pode ser explicado pelo resultado da CA dos animais, que foi melhor nos níveis de inclusão de GB de 6,2 e 5,2%, os quais foram semelhantes à inclusão que possibilitou menor custo por GC (6% de glicerina bruta). O balanço ótimo entre a CA e os custos dos ingredientes da dieta definem o nível ótimo de GB na dieta. A análise apresentada é referente ao custo do GC considerando-se preços fixos dos alimentos.

Quanto aos resultados da análise de sensibilidade do custo do GC das diferentes dietas, com diferentes preços da GB (% do preço do milho grão), observa-se que, quando a GB representar até 70% do preço do milho, o nível ótimo (menor custo do GC) de inclusão na dieta será de 6% na MS (Tabela 6). No período avaliado, o preço da GB representou 35,5% do preço

Tabela 5. Análise econômica das dietas experimentais em relação ao ganho de carcaça de cordeiros alimentados com glicerina bruta na fase de terminação em confinamento⁽¹⁾.

Variável	Nível de glicerina bruta (%MS)				
	0	3	6	9	12
Custo da dieta (R\$ kg ⁻¹ de MS)	0,626	0,616	0,606	0,596	0,586
Consumo de MS (kg dia ⁻¹)	1,121	1,116	0,899	0,942	0,783
Custo da dieta (R\$ por cabeça por dia)	0,702	0,687	0,545	0,562	0,459
Ganho de carcaça (kg por cabeça por dia)	0,141	0,159	0,127	0,123	0,093
Custo da dieta (R\$ kg ⁻¹ de ganho de carcaça)	4,98	4,32	4,29	4,57	4,93
Margem de lucro da dieta (%) ⁽²⁾	17,00	28,00	28,50	23,80	17,80

⁽¹⁾Os preços dos ingredientes referem-se a valores com frete incluso segundo o Sifreca com base na matéria seca do alimento: silagem de milho, R\$ 0,28 kg⁻¹; fubá de milho, R\$ 0,51 kg⁻¹; farelo de soja, R\$ 1,02 kg⁻¹; glicerina bruta, R\$ 0,17 kg⁻¹; (somente preço do frete, pois está sem valor comercial no mercado); suplemento mineral, R\$ 2,30 kg⁻¹; uréia + sulfato de amônio, R\$ 1,20 kg⁻¹. ⁽²⁾Margem de lucro = (preço da carcaça (R\$ kg⁻¹) - custo da dieta (R\$ kg⁻¹)/preço da carcaça (R\$ kg⁻¹). Considerou-se o preço recebido de R\$ 6,00 pelo kg da carcaça.

Tabela 6. Análise de sensibilidade da variação do preço da glicerina bruta (% do preço do milho) sobre o custo do ganho de carcaça (R\$ kg⁻¹ de ganho de carcaça) de cordeiros alimentados com glicerina bruta na fase de terminação.

Preço da glicerina bruta (% do preço do milho)	Nível de glicerina bruta (% MS)				
	0	3	6	9	12
0	4,98	4,29	4,22	4,45	4,76
10	4,98	4,28	4,24	4,48	4,81
20	4,98	4,31	4,26	4,51	4,86
30	4,98	4,32	4,28	4,55	4,91
40	4,98	4,33	4,30	4,58	4,95
50	4,98	4,34	4,32	4,61	5,00
60	4,98	4,35	4,34	4,65	5,05
70	4,98	4,36	4,36	4,68	5,10
80	4,98	4,37	4,38	4,71	5,15
90	4,98	4,38	4,40	4,75	5,20
100	4,98	4,39	4,42	4,78	5,25
200	4,98	4,49	4,62	5,11	5,73
300	4,98	4,59	4,83	5,44	6,21
400	4,98	4,69	5,03	5,77	6,70
500	4,98	4,79	5,24	6,10	7,18
600	4,98	4,89	5,44	6,43	7,67
680	4,98	4,97	5,60	6,70	8,06
690	4,98	4,98	5,62	6,73	8,10

do milho, o que permite concluir que a glicerina bruta pode ser incluída na dieta dos cordeiros em até 6% na MS, em substituição ao milho. Da mesma forma, observou-se que a margem de lucro (Tabela 5), em relação ao preço recebido pelo kg de carcaça, foi maior em animais alimentados com 6% de GB na dieta. Quando o preço da GB representar entre 80 e 680% do preço do milho, recomenda-se a inclusão de 3% de GB na dieta. Somente acima desse parâmetro (690% do preço do milho), não se recomenda a inclusão de GB na dieta de cordeiros em terminação. A explicação para este valor elevado de preço de equilíbrio da GB em relação ao milho decorre da menor CA dos animais submetidos a dietas com 3% de GB, o que permite utilizar este coproduto com preços mais elevados em relação ao milho.

Conclusão

A inclusão de até 6% de glicerina bruta, contendo 36,20% de glicerol, na dieta de cordeiros em terminação, otimiza a conversão alimentar dos animais e reduz o custo do ganho de carcaça, quando o preço desse coproduto representa até 70% do preço do milho, mas compromete o consumo, a digestibilidade, as características quantitativas relacionadas à carcaça e ao desempenho dos animais.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Embrapa (Programa Agrofuturo), pelo apoio financeiro.

Referências

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.

ANIL, M.H.; FORBES, J.M. Feeding in sheep during intraportal infusions of short-chain fatty acids and the effect of liver denervation. **Journal of Physiology**, v.298, p.407-414, 1980.

BAILE, C.A. Metabolites as feedbacks for control of feed intake and receptor sites in goats and sheep. **Physiology and Behaviour**, v.7, p.819-826, 1971.

BENSON, J.A.; REYNOLDS, C.K.; AIKMAN, P.C.; LUPOLI, B.; BEEVER, D.E. Effects of abomasal vegetable oil infusion on splanchnic nutrient metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1804-1814, 2002.

CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. de C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G. de; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.

CHOI, B.R.; PALMQUIST, D.L. High fat diets increase plasma cholecystokinin and pancreatic polypeptide, and decrease plasma insulin and feed intake in lactating cows. **Journal of Nutrition**, v.126, p.2913-2919, 1996.

GONÇALVES, V.L.C.; PINTO, B.P.; MUSGUEIRA, L.C.; SILVA, J.C.; MOTA, C.J.A. Biogasolina: produção de ésteres da glicerina. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1., 2006, Brasília. **Anais**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia: Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica, 2006. p.14-19.

HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000. p.A-25-A-34. (Bulletin, 339).

JENKINS, T.C.; MCGUIRE, M.A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1302-1310, 2006.

KERR, B.J.; HONEYMAN, M.; LAMMERS, P. **Feeding bioenergy coproducts to swine: crude glycerol**. Ames: Iowa State University, 2007. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/publications/IPIC11b.pdf>> 2007. Acesso em: 02 de abr. 2009.

KREHBIEL, C.R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Animal Science**, v.86, p.392, 2008. Supplement.

LIDDLE, R.A.; GOLDFINE, I.D.; ROSEN, M.S.; TAPLITZ, R.A.; WILLIAMS, J.A. Cholecystokinin bioactivity in human plasma. Molecular forms, responses to feeding, and relationship to gallbladder contraction. **Journal of Clinical Investigation**, v.75, p.1144-1152, 1985.

MEDEIROS, G.R. de; CARVALHO, F.F.R. de; BATISTA, A.M.V.; DUTRA JÚNIOR, W.M.; SANTOS, G.R. de A.; ANDRADE, D.K.B. de. Efeito dos níveis de concentrado sobre as características de carcaça de ovinos Morada Nova em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.718-727, 2009.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucible: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.

MORAN, T.H.; MCHUGH, P.R. Cholecystokinin suppresses food intake by inhibiting gastric emptying. **American Journal of Physiology**, v.242, p.491-497, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academic, 2000. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academy, 2007. 362p.

PAGGI, R.A.; FAY, J.P.; FAVERIN, C. In vitro ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. **Journal of Agricultural Science**, v.142, p.89-96, 2004.

- PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1-14, 1980.
- POL, A.; DEMEYER, D.I. Fermentation of methanol in the sheep rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, v.54, p.832-834, 1988.
- PYATT, A.; DOANE, P.H.; CECAVA, M.J. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. **Journal of Animal Science**, v.85, p.412, 2007. Supplement.
- REYNOLDS, C.K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGLEHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G. (Ed.). **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth, and reproduction**. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1995. p.351-372.
- RICKS, C.A.; COOK, R.M. Regulation of volatile fatty acid uptake by mitochondrial acyl CoA synthetases of bovine liver. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.2324-2335, 1981.
- SAS Institute. **Statistical analysis system**. Version 9.1. Cary: SAS Institute, 2006.
- SCHRÖDER, A.; SÜDEKUM, K.-H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets of ruminants**. Kiel: University of Kiel, 2007. Available at: <<http://regional.org.au/au/geirc/1/241.htm>>. Accessed on: 18 mar. 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S.; ROE, M.B.; SKIDMORE, A.L.; BLACK, J.R. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3160-3178, 1993.
- TAMMINGA, S.; DOREAU, M. Lipids and rumen digestion. In: JOUANY, J.P. (Ed.). **Rumen microbial metabolism and ruminant digestion**. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique, 1991. p.151-164.

Recebido em 14 de janeiro de 2010 e aprovado em 20 de agosto de 2010